

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-252595
(P2002-252595A)

(43) 公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 B 10/17		G 0 2 F 1/35	5 0 1 2 K 0 0 2
10/16		H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
G 0 2 F 1/35	5 0 1	3/30	Z 5 K 0 0 2
H 0 1 S 3/10		H 0 4 B 9/00	J
3/30			K

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-47315(P2001-47315)

(22) 出願日 平成13年2月22日 (2001.2.22)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 小林 英樹

北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1
富士通北海道デジタル・テクノロジー株
式会社内

(74) 代理人 100094514

弁理士 林 恒徳 (外1名)

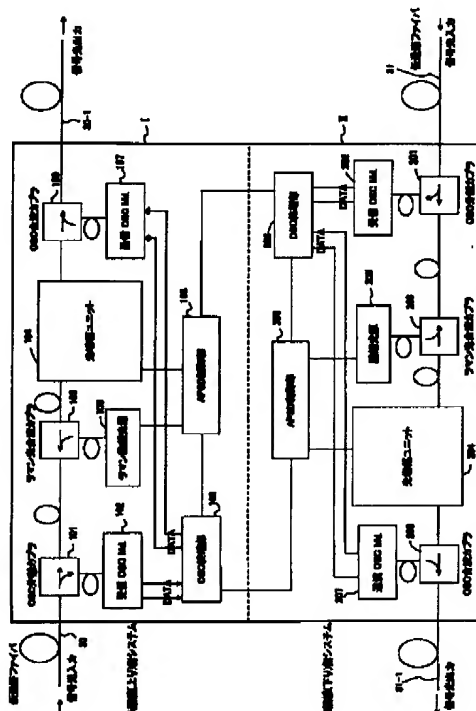
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増幅器

(57) 【要約】

【課題】 システムの自動復帰を可能とし、APSD機能の誤動作を防止するラマン増幅を用いた光増幅器、及びこれを適用する光多重伝送中継システムを提供する。

【解決手段】 ラマン増幅を用いた光増幅器において、ラマン光を発生するラマン励起光源と、光伝送信号とともに送られる監視 (OSC) 信号の誤りを検出する検出回路を有し、前記検出回路により、前記監視 (OSC) 信号のビット誤りの発生が検出される時、前記ビット誤りの状態に応じて前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制御する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ラマン増幅を用いた光増幅器において、ラマン光を発生するラマン励起光源と、光伝送信号とともに送られる監視（OSC）信号の誤りを検出する検出回路を有し、前記検出回路により、前記監視（OSC）信号のビット誤りの発生が検出される時、前記ビット誤りの状態に応じて前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制御することを特徴とする光増幅器。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記検出回路により検出される監視（OSC）信号のビット誤りが所定状態となった場合、下流の光増幅器に対し、監視（OSC）信号に監視（OSC）回線の状態を通知するフラグを重畳し、伝送路障害の通知を行う回路を有することを特徴とする光増幅器。

【請求項 3】 請求項 1 において、上流、及び対向回線上流側からの、監視（OSC）信号内にある監視（OSC）回線の状態を通知するフラグを監視することを特徴とする光増幅器。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記光出力制御を行う回路は、前記監視（OSC）信号の信号エラーを監視して、前記信号エラーが一定の条件になった時に、前記ラマン励起光源に対する光出力制御を解除することを特徴とする光増幅器。

【請求項 5】 請求項 4 において、前記検出回路は、前記ラマン励起光源のラマン光出力制御解除時に、前記監視（OSC）信号の帯域に対応するラマン利得の発生するラマン光を前記伝送路ファイバに出力し、監視（OSC）回線の回復を待ち、その後前記監視（OSC）信号が正常動作した後に、前記監視（OSC）回線で通知される波長情報を基にシステムに必要なラマン利得が得られる波長のラマン光を出力することを特徴とする光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ラマン増幅を用いた光増幅器及びこれを適用する光多重伝送中継システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 図 1 は、光増幅器を有する光中継システムを示す。光中継器としての中継器 1 と中継器 2 間が光伝送路 3 で繋がれている。中継器 1 と中継器 2 の各々において、光多重された主信号光を光増幅器 10、20 によって光増幅し、光伝送路 3 に入射する。

【0003】 光伝送路 3 を通して送られた主信号は、中継器 1 と中継器 2 の各々において、光増幅器 11、21 で光増幅される。

【0004】 この時、中継器 1 から中継器 2 への信号伝送を考えると、光監視（Optical Supervisory Channel: OSC）信号を主信号に波長多重又は重畳して中継

2

器 2 に対し通信を行う。中継器 2 側では光増幅器 21 を用いて、光伝送路 3 から入力される波長多重信号光を十分な光レベルまで増幅を行い、これにより通信の確立をはかっている。

【0005】 光多重通信は多くの信号光を波長多重している。このために多重された主信号の光パワーは非常に大きいものとなる。何らかの要因により発生した光伝送路 3 での障害（光コネクタ外れ、光ファイバ破断等の要因）により、その光パワーが光伝送路 3 より外側に漏れ、人体に直接照射された場合、人的被害の発生が予想される。

【0006】 一方、昨今の通信インフラの発達により、大容量化、長距離化のニーズが高まり、長距離伝送の実現のために、ファイバ増幅と同様の原理に基づく光伝送路ファイバにおけるラマン効果を利用した増幅システムの導入が増えつつある。

【0007】 かかるラマン増幅を用いた光伝送システムの例を図 2 に示す。ラマン増幅は伝送路ファイバそのものにラマン励起光源 22、12 により発生される励起光（ラマン光）を照射し、ラマン効果を得るシステムである。ラマン利得を十分に得るためには、ラマン光を十分なレベルまで上げて光伝送路 3 に入射する必要がある。

【0008】 したがって、ラマン増幅を用いた光多重伝送は、伝送路 3 において通常の光多重通信よりも更にその光パワーが及ぼす人的被害は大きいものとなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 上記のことから、光伝送路 3 でのファイバ障害発生時には光出力の制御が必要である。

【0010】 本発明の目的は、従って、ファイバ障害発生時には光出力の制御を可能とする光増幅器及び、これを用いる光多重伝送中継システムを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記本発明の目的を達成するラマン増幅を用いた光増幅器は、ラマン光を発生するラマン励起光源と、光伝送信号とともに送られる監視（OSC）信号の誤りを検出する検出回路を有し、前記検出回路により、前記監視（OSC）信号のビット誤りの発生が検出される時、前記ビット誤りの状態に応じて前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制御することを特徴とする。

【0012】 上記本発明の目的を達成するラマン増幅を用いた光増幅器の好ましい一態様として、前記検出回路により検出される監視（OSC）信号のビット誤りが所定状態となった場合、下流の光増幅器に対し、監視（OSC）信号に監視（OSC）回線の状態を通知するフラグを重畳し、伝送路障害の通知を行う回路を有することを特徴とする。

【0013】 さらに、上記本発明の目的を達成するラマ

3

ン増幅を用いた光増幅器の好ましい一態様として、上流、及び対向回線上流側からの監視（OSC）信号内にある監視（OSC）回線の状態を通知するフラグを監視することを特徴とする。

【0014】また、上記本発明の目的を達成するラマン増幅を用いた光増幅器の好ましい一態様として、前記検出回路は、前記監視（OSC）信号の信号エラーを監視して、前記信号エラーが一定の条件になった時に、前記ラマン励起光源に対する光出力制御を解除することを特徴とする。

【0015】さらにまた、上記本発明の目的を達成するラマン増幅を用いた光増幅器の好ましい一態様として、前記検出回路は、前記ラマン励起光源のラマン光出力制御解除時に、前記監視（OSC）信号の帯域に対応するラマン利得の発生するラマン光を前記伝送路ファイバに出力し、監視（OSC）回線の回復を待ち、その後前記監視（OSC）信号が正常動作した後に、前記監視（OSC）回線で通知される波長情報を基にシステムに必要なラマン利得が得られる波長のラマン光を出力することを特徴とする。

【0016】本発明の更なる特徴は、以下の発明の実施の形態の説明から明らかになる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施例におけるラマン光出力の制御は以下の通りである。

【0018】伝送路の下流側アンプ（図2において、中継器2における光増幅器21）で入力コネクタの外れ、およびファイバ破断等の光伝送路3の伝送路障害が発生した場合、中継器2の光増幅器21において主信号光の断を検出する。

【0019】これにより中継器2において、自回線のラマン励起光源22からのラマン光出力の制御（シャットダウン）を行う。さらに上流側である中継器1に対し、光増幅器20からの主信号の送出を断にすることで、中継器1側の装置のシャットダウン制御を行う。

【0020】他の方法として、中継器1からの光監視（Optical Supervisory Channel：OSC）信号の光入力の中継器2で監視する。OSC信号が断であることを検知すると、光伝送路3のファイバ障害と判断する。そして中継器2の対向側のOSC信号を用いて、光増幅器20から信号経路の上流側にある中継器1に対し、出力制御の信号を送信する。これにより光増幅器10の出力制御を行うことによりシステム上で光自動出力制御（以下：APSD）を実現している。

【0021】ここで、光自動出力制御（以下：APSD）に付いて、更に説明する。図2において、中継器1の光増幅器10からの主信号、もしくはOSC信号の受信状態を下流側中継器2の光増幅器21で監視する。そして主信号もしくはOSC信号の光断検出時に、光増幅器21により、APSDフラグを生成して、光増幅器21の信

4

号断状態を対向側光増幅器20に通知する。

【0022】対向側光増幅器20では、OSC信号のフレーム内にAPSDフラグ（APSD-LB）を立て、対向側中継器1の光増幅器11に送信する。

【0023】対向側光増幅器11において、受信したOSC信号フレーム内のAPSDフラグ（APSD-LB）を監視する。OSC信号のAPSDフラグを検出した場合、自局光増幅器10に対し、APSDフラグ（APSD-LD）受信を通知する。自局下流からのAPSDフラグを受信した光増幅器10は、光増幅器10の出力信号光をシャットダウン、もしくは安全光レベルに光出力制御を行う。

【0024】このように、自局の光出力が下流側で正常受信されていることを監視でき、さらに、伝送路障害などによって自局光増幅器の信号が下流に届いていない場合に、自局光増幅器に対して、光出力のシャットダウン、あるいは安全光レベルに出力制御することが可能となる。

【0025】この時、光増幅器21は自局のOSC信号にAPSDフラグを立て、OSCフレームに乗せて送信すると同時に、光増幅器21の光出力の出力制御を行う。

【0026】上記のAPSDフラグについて更に説明する。APSDフラグは、それを発出した光増幅器21の上流光増幅器10のID情報を含み、どの時点で信号及びOSC信号光の断が発生したかを判別できる情報である。この情報はOSC信号のフレーム内に図3に示されるように割当てられる。

【0027】図3において、OSC信号は一例として24バイトのフレームからなり、装置の監視信号で、波長情報、ソフト制御信号等の制御信号が各バイトに割当てられる。この例では、7バイト目をAPSDフラグに割り当てた例である。

【0028】また、回線異常の発生しているのが自回線か対向回線かの判別は、APSDフラグにAPSD及びAPSD-LBというビットを割り当てることにより可能となる。APSDフラグが立っている場合、自回線側の回線が異常となっており、APSD-LBビットが立っていることにより対向回線側の回線異常であると判別が可能である。

【0029】図2に戻ると、上流側の光増幅器10近傍に光破断等の伝送路障害が生じた場合には、上流側である中継器1において伝送路ファイバの破断面からの反射光を検出し、これにより人体に危険なレベルの光出力の放出を防いでいる。

【0030】このようにラマン増幅を用いた光中継システムは、中継器の入力側の光増幅器側のコネクタ外れあるいは、伝送路の光ファイバ破断が起こった場合には信号光の断を検出する。

【0031】そして、光増幅器およびラマン光アンプ（ラマン励起光源）に対し、光増幅器下流の対向光増幅

5

器、或いは中継器中で伝送路を折り返して上流の光増幅器に対して出力制御信号を送信することにより光出力制御を行う。

【0032】図4は、このように、下流側で主信号断を検出し、上流側の光出力制御を行うために、ラマン励起光源12、22に対し出力制御を行った場合を説明する図である。

【0033】図4において、図2との関係で、中継器1の光増幅器10及び、中継器2の光増幅器21及びラマン励起光源22が示されている。今、障害により伝送路3の損失が増大すると(ステップ)、光増幅器21に入力する主信号の断を検出し、中継器2における光増幅器21及び、ラマン励起光源22をシャットダウンする(ステップ)。これにより、中継器2では、中継器1からの主信号もOSC信号も受信出来ない状態になる。

【0034】かかる状態で伝送路3の損失が正常に復帰する場合(ステップ)、中継器1の光増幅器10は、主信号を送出するが、ラマン励起光源22が駆動していないために、光増幅器21側では光入力断の検出レベル閾値を超える信号光入力が得られない。このためにラマン励起光源22の出力制御の解除に至らない。したがって、システムの自動復帰は不可能となる。

【0035】さらに、この方法では、伝送路障害有無の判断をするために、OSC信号出力を一定に維持する必要がある。この場合、OSC信号のフレーム検出レベルまでしか断検出閾値を下げられない。

【0036】また、OSC信号光の断を検出する方法では、OSC信号光とその波長帯域にもれ込むラマン光によるASS雑音(Amplified Spontaneous Scattering)との区別をつけることが不可能であり、APSD機能が誤動作する可能性が高い。

【0037】また、APSD制御を行う伝送装置では、対向中継器側の通信回線がシャットダウンすることにより、自回線もシャットダウンさせる必要がある。これは、障害区間の対向回線側の通信が不通になっていることによって、自中継器側に障害が発生した場合、APSDによるアンプの出力制御は不可能になる。このために人体への安全を考慮して双方向の通信を停止させる。

【0038】システムの自動復帰を可能とし、APSD機能の誤動作を防止するラマン増幅を用いた光増幅器及びこれを適用する光中継システムの実施例を以下に述べる。

【0039】本発明においては、図2に示したラマン励起光源22の出力制御は主信号ではなく、OSC信号光のレベル検出を用いる。

【0040】OSC信号通信のための光受信モジュール(O/E:光/電気変換モジュール)で、光受信状態の符号誤り、フレーム検出を監視する。その監視の際のビット誤りの状態により、システム全体のラマン励起光源、及び光増幅器へのAPSD制御を行う。

6

【0041】ここで、光増幅器(EDFA)の利得帯域に対応して図5に示す波長帯域に分割されているS+、S、C、L、L+バンドがある。OSC信号は各光増幅器の帯域により個別又は複数のバンドで共用して設けられている。収容チャンネル数により、バンドも増加し、従ってOSC信号そのものの自体のチャンネル数を増やすことになり、OSC信号自体の波長多重を行っている。

【0042】ここで、ラマン増幅について説明する。図6はラマン増幅における波長と利得の関係を模式的に表したものである。

【0043】信号光は、Cバンド帯と呼ばれる1525~1560nm帯域にある。一方OSC信号は、現在一般的な波長である1510nmとして表記する。ラマン増幅は、伝送路に入射されるラマン励起光源の波長に対し、約100nm長波長方向にシフトしたところに、最大利得が得られる図中のような利得特性をもつ。

【0044】通常ラマン増幅システムは、所望の利得波長を補うため、複数個のラマン励起光源を用いる。この場合のラマン利得はそれぞれの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に対し、100nmほど長波長側に利得帯域がある。

【0045】図6に示す例では、1510nm~1560nmの帯域での利得が必要であるため、ラマン光源は1410~1460nmまでの光源を、ある間隔で配置(配置間隔はシステムの所望利得曲線が得られるように考慮)する。この $\lambda_1 \sim \lambda_n$ までのラマン利得の和が、この1510~1610nmの帯域のラマン利得となる。

【0046】さらにこのように複数個のラマン励起光源を配置することにより、ある特定の波長近傍における利得を入射ラマン励起光源の光出力で制御が可能となる。

【0047】実施例として、伝送路ファイバ障害復旧時(OSC信号がエラー発出からLOF(loss of failure)時)のラマン起動は、まず、1510nmのラマン励起光を伝送路ファイバに放出する。このラマン励起光は、OSC信号光を増幅し、受信OSCモジュールでダイナミックレンジ内の光レベルとなるような利得を得られる光パワーを出力する。

【0048】これにより、OSC信号の正常受信が行われ、以降システムの正常立上げの手順を行う。この立ち上げ手順では、信号光帯域の利得をもつラマン励起光が伝送路ファイバに放出され、受信信号レベルが正常の値となる。

【0049】光/電気変換モジュールの受光レベルに対する制御の状態を図7に示す。図7において、領域Aは、光/電気変換モジュールのダイナミックレンジ内であり、この領域内ではエラーは発出しない。

【0050】領域Bではデータのエラーが発生する状態即ち、LOF(Loss Of Frame)の状態であって、クロックは再生出来るが正しく同期がとれない。このために信号が正確に識別再生されず、エラーが発生する。また、領域Cは光入力を認識し得ない範囲である。

7

【0051】このような各状態において、本発明に従い下記のようにシステムが制御される。

【0052】領域A：通常運用状態にある（ラマン励起光源、光増幅器とも動作中である）。

【0053】領域B：ラマン励起光源は通常動作、光増幅器は出力が停止又は、出力低下するように制御される。

【0054】領域C：ラマン励起光源、光増幅器ともに出力が停止又は、低下するように制御される。

【0055】これにより、コネクタ外れ、および光ファイバ破断の場合は領域Cとなり、ラマン励起光源、光増幅器ともに出力停止又は低下制御される状態となり、人体への危険な光の照射を回避することが可能となる。

【0056】図8はOSC信号断によるラマン励起光源のシャットダウンを説明する図であり、コネクタ外れ（開放）、および光ファイバ破断の場合は伝送路3の損失が増大する（ステップ）。これにより、光増幅器21前段側におかれる光／電気変換モジュールによりOSC信号の断を検出し、光増幅器21及びラマン励起光源22をシャットダウンする（ステップ）。

【0057】ついで、コネクタ開放、および光ファイバ破断が復帰したとき（ステップ）には、光／電気変換モジュールにOSC信号が入力される。しかし、この時は未だラマン励起光源22の出力制御が解除されておらず領域Bとなる。

【0058】つぎに、光増幅器21側でOSC信号のエラー発出、及びフレーム外れを検出し、OSC信号帯域のラマン光帯域のシャットダウンが解除される（ステップ）。すなわち、OSC信号帯域のラマン光帯域を出力するように、ラマン励起光源22の出力（図6の）が制御される。

【0059】したがって、ラマン光が伝送路3に出力され、OSC帯域のラマン増幅によりOSC信号が領域Aとなり、正常レベルまで上がり、OSC回線が復帰する（ステップ）。

【0060】OSC回線の復帰の後、OSC信号に含まれる信号波長情報(WCS)、波長異常情報(WCF)を基に、ラマン励起光源22から光増幅器の利得がある帯域のラマン励起光の出力制御が解除される（ステップ）。これにより、ラマン増幅が行われ、主信号光が正常なレベルまで復帰する（ステップ）。これによりシステムが自動復帰する。

【0061】また、本発明により上記したようなAPSD機能と共に、光出力の反射検出機能をもたせることにより、対向回線の障害により対向回線側の通信が停止した場合においても、反射光検出による光出力制御ができる。このため自回線の通常運用が可能であり、ある区間の片側の回線が停止することによる双方向の通信の停止を回避することが可能となる。

【0062】図9は、上記特徴を有する本発明の光増幅

8

器を適用する光中継器のブロック構成例を示す図である。

【0063】図9において、光中継器は、A回線（上り回線）側システムIとB回線（下り回線）側システムIIを1対で有して1つの装置を構成する。

【0064】伝送路光ファイバ30、31により、図9においては示されない複数の光中継器が接続されている。各中継器とともに図9に示されると同様の構成である。また、隣接する光中継器間を繋ぐ伝送路ファイバ30、31の長さは、現在使用されているファイバでは100～200数十Km程度の距離を有する。

【0065】入力される信号光は、OSC分離カプラ101、201に入力する。OSC分離カプラ101、201において、伝送路ファイバ30、31からの信号光のうち、OSC帯域の信号成分のみ分離し、OSC信号として受信OSCモジュール102、202に渡す。

【0066】受信OSCモジュール102、202は、光信号のOSC信号を対応する電気信号に変換しデータDATA及びクロックCLKを出力する。

【0067】受信OSCモジュール102、202の出力はそれぞれラマン光合波カプラ103、203を通して光増幅ユニット104、204に入力される。

【0068】ラマン光合波カプラ103、203は、ラマン増幅用励起光源105、205により発生される、ラマン増幅のためのラマン光を伝送路ファイバ30、31へ重畳して送出して後方励起を行う。

【0069】光増幅ユニット104、204は、信号光をシステムの所望パワーに増幅し、それぞれ下流側の伝送路30-1、31-1へ出力する。

【0070】OSC終端部106、206は、受信したOSC信号のデータDATAを処理した後、送信OSCモジュール107、207に対しOSC信号を生成し出力する。

【0071】この時、OSC信号の符号誤りを検出して、OSC信号の中にAPSDフラグを生成し、自側APSD制御部108（208）、対向側のAPSD制御部208（108）、及び対向側OSC終端部208（108）へAPSD情報を出力する。

【0072】また、対向側OSC終端部からの対向回線APSD状態を監視し、その情報を自回線の下流側へのOSC信号に載せる機能をもつ。このAPSDフラグはOSC符号誤り、OSC信号断の状態、及びAPSD発生中継器を認識する信号により構成される。

【0073】APSD制御部108、208は、自回線、及び対向側回線のAPSDフラグを監視し、フラグの状態により、ラマン増幅用励起光源105、205、光増幅ユニット104、204の出力制御を行う。

【0074】送信OSCモジュール107、207は、OSC制御部106で生成されたOSC信号に対し電気-光変換を行い、OSC信号光を出力する。

【0075】OSC合波カプラ109、209は、光増幅ユニット104、204から出力される主信号光にOSC信号光を合波して、下流方向の伝送路光ファイバ30-1、31-1に対して出力する。

【0076】次に上記図9に示す光中継器における各状態における具体的動作を説明する。〔光ファイバ障害時の動作〕図10は、伝送路光ファイバが障害の時のAPSD制御を説明する簡略図である。この図は図9に示した光中継器を中継器1、中継器2として、対向システムを実現したもので、図9の各機能ブロックの内、説明に必要な部分のみ簡略化して表記してある。

【0077】中継器1、中継器2は、それぞれ光増幅ユニット104-1、204-1、104-2、204-2と、ラマン励起光源105、205とで構成され、伝送路間に配置されている。

【0078】伝送路光ファイバ30に光コネクタ抜けが生じた場合や伝送路光ファイバ30が破断した場合、中継器1は光増幅ユニット104-1側で伝送路光ファイバ30からの反射光の検出を行う。そして、中継器1の光増幅ユニット104-2からの出力光を人体に影響のない安全なレベルに制御する。

【0079】このとき、下流に当たる中継器2のラマン励起光源105からのラマン励起光を、中継器1の出力の反射光と誤認識しないように、ラマン励起光の帯域を分離する必要がある。一方、中継器2側では主信号及び監視(OSC)信号共に光断の状態になる。

【0080】図10中のOSCブロックa、b、c、dは、図9の受信OSCモジュール102、202、OSC終端部106、206及びAPSD制御部108、208により構成され、OSC信号の光断を検出してAPSDフラグを立てる。

【0081】中継器2内のOSCブロックaでは、このAPSDフラグを元に中継器2内のラマン励起光源105、光増幅ユニット104-1に対し、光制御(シャットダウン)を行う(ステップ)。

【0082】次に対向回線31-1を利用して、中継器1に対し中継器2のOSC信号断検出のAPSDフラグを通知し(ステップ)、中継器1の光増幅ユニット104-2に対してシャットダウン制御を行う(ステップ)。この時、中継器1側から伝送路障害を復帰させるために、通常動作のままOSC信号が送出される。

〔光ファイバ障害復帰時の動作〕図11、図12に伝送路ファイバ30のコネクタ抜け、及びファイバ破断が復帰した場合の制御動作を示す。これらの図においても図9に示した光中継器を中継器1、中継器2として対向システムを実現したもので、図10と同様に図9の各ブロックを簡略化して表記してある。

【0083】図11において、伝送路障害が復帰した場合(ステップ)、中継器1から送信されるOSC信号は、中継器2のOSC部aに入力される。しかし、この

時ラマン励起光源105が起動していないため、ラマン光を使用して伝送を実現する程に伝送距離があるシステムでは受信OSCモジュールのダイナミックレンジ内にOSC信号光が入らない。

【0084】この場合は、通常、OSC信号のレベルは図7に示す領域A以下であって、ダイナミックレンジ外となり、図11内のOSC部aにある受信OSCモジュール102(図9参照)で符号誤りの発生が検出される。

10 【0085】受信OSCモジュール102で符号誤りを認識した場合、図11内のOSC部aにあるOSC終端部106(図9参照)は、OSC符号誤りのAPSDフラグを立てる。このAPSDフラグを図11内のOSC部bにより中継器1に対して伝送路31-1を通して送信する(ステップ)。

【0086】さらに、中継器2の受信OSC部aからのAPSDフラグを受け、ラマン励起光源105はOSC信号帯域の利得を持った波長の光を送出する(ステップ)。

20 【0087】ここで、中継器1側の光増幅ユニット104-2は、光出力を断し続けるが、OSC回線の復帰を待つスタンバイ状態へと推移する(ステップ)。

【0088】上記ステップの動作で図7の領域Aに戻り、OSC信号に十分なラマン利得が発生し、OSC信号が正常動作する。これにより図12に示すように、中継器2のOSC受信部aは、OSC信号を正常受信し(ステップ)、APSDフラグを中継器2のOSC部bを通して、中継器1のOSC部cに対して送信する(ステップ)。

30 【0089】OSC回線が正常動作となると、ラマン励起光源105は、システムに設定されている多重波長の情報を基に、システムの必要としているラマン利得の発生する波長のラマン光を出力する(ステップ)。

【0090】さらに、中継器2の光増幅ユニット104-1はOSC信号を正常受信し、APSDフラグが確認された後、正常起動状態となり、入力スタンバイ状態となる(ステップ)。

40 【0091】中継器1側の受信OSC部cは、中継器2からOSC正常受信によるAPSDフラグを受信後、光増幅ユニット104-2の出力制御を解除する正常立上げ動作のシーケンスに入る(ステップ)。

【0092】以上の動作により、伝送路ファイバ30の復帰により、システムの自動再立上げ動作に移行して、正常動作状態を回復する。

〔回線障害時の対向回線の通信の確保〕ここで、先に図10で示したような伝送路障害が発生したときに、APSD機能のみによる光アンプ出力の制御では、中継器2の光増幅ユニット204-2の出力をシャットダウンする必要が生じる。

50 【0093】理由として、中継器1から中継器2に向か

う回線 30 が伝送路障害などで OSC 回線が断している場合、更にその後に中継器 2 から中継器 1 に向かう伝送路 31-1 に障害が発生した時に、光増幅ユニット 204-2 に対して、自中継器 2 の障害を示す APSD 信号が伝達されない。

【0094】この時、障害復旧作業などで、中継器 2 の光増幅ユニット 204-2 に繋がる光コネクタを抜いた場合、コネクタ端面から光増幅ユニット 204-2 の出力光がそのまま放出され、人体への被害が懸念される。

【0095】この人的被害を防止するために、光増幅ユニット 204-2 側に光出力の反射検出機能をもたせる。このように APSD、及び反射光検出の 2 つの機能を持たせることにより、中継器 2 から中継器 1 に向かう通信は確立されたままにすることが可能となる。

【0096】図 10 において、受信 OSC 部 a において、符号誤り、フレーム誤り、OSC 信号断を監視し、ビット誤り及びフレーム誤りの間は、ラマン励起光源 105 の出力パワーを設計規定値まで上げ、光入力断の時は、光出力をシャットダウンする。これにより、伝送路 30 の障害が復帰したときには、自動立上げが可能となる。

【APSD フラグ】上記した APSD フラグについて更に説明する。APSD フラグは、図 9 の受信 OSC モジュール 102、202 で受信した光 OSC 信号を光-電気変換した後、OSC 終端部 106、206 で生成される。

【0097】OSC 終端部 106、206 において、受信 OSC モジュール 102、202 で識別再生されたデータ DATA、クロック CLK に基づき、符号誤り、フレーム誤り及び OSC 信号断を監視する。APSD フラグは、この監視により検出された符号誤り、フレーム誤り及び OSC 信号断の発生を通知するためのフラグ信号である。

【0098】APSD フラグのデータは、OSC 信号に乗りシステムを構成する各装置部位に通知される。OSC 信号は APSD 発生装置の識別情報 ID もしくは、その他の方法を用いて、いずれの中継地点で回線が断になっているかの判別を可能とする。

【コネクタ外れ検出 (LD SAFETY)】また、上記したコネクタ外れ検出 (LD SAFETY) の方法の例を図 13 に示す。図 13 において、中継器 1 の光増幅ユニット 104-2 に対応する光増幅部 (EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier) で光増幅された光信号は、光カプラ 104-3 を通して伝送路 30 に出力される。

【0099】光増幅ユニット 104-2 の出力側に、光反射検出用のフォトダイオード (PD) 104-4 と光カプラ 104-3 が備えられる。

【0100】光アンプ 104 と伝送路 3 とを接続するコネクタの抜けが発生した場合、光アンプ 104 から出された光信号の反射成分が、反射検出用フォトダイオード

104-4 で検出される。これにより、光コネクタの外れを検出することが可能となる。

【0101】この光コネクタの外れ時の反射光を検出することにより、図示しない制御回路により光増幅ユニット 104-2 は、人体に危険の及ばない光出力パワー (安全光レベル) へ出力制御されることが可能であり、LD SAFETY 機能が実現される。

【0102】一方、上記のコネクタ抜け検出システムにおいて、光自動出力制御 (APSD) のみでは対向回線が伝送路ファイバの障害等により、OSC 回線が不通となった場合、自回線で下流のコネクタ抜けを検出することができない。これにより人体に危険なレベルの光出力を出力し続けることになる。これは、非常に危険である。かかる点からも、上記した LD SAFETY 機能は、自回線の反射検出により実現することが望ましい。

【0103】図 14 乃至図 17 に示すように、通信システムは端局装置 (局 (A) 1、局 (C) 4) と、中継器 2 から構成される場合は、中継器 2 における光増幅ユニット 104 は、インラインアンプ 104-5 が使用される。そして、中継器 2 において、主信号光の光増幅、および OSC 信号光の再生中継を行う。また、システム構成は OSC 回線の終端方法により、横割、と縦割の方法がある。

【0104】図 14 に本発明の適用例として、OSC 横割多中継システム構成を示す。図 15 は、図 14 の障害時の動作を説明する図である。

【0105】中継器 2 の受信側 OSC 部 a で終端される OSC 信号から抽出される上流からの情報に自中継器の情報を付加した後に、下流に対して送信側 OSC 部 d から送信する方法が横割方法である。

【0106】図 15 は、障害時の動作を説明する図であり、中継器 2 の受信 OSC 部 a で OSC 信号のエラーを監視する (ステップ)。ついで、エラー発生時に APSD フラグを立て、送信側 OSC 部 d から下流に OSC 信号により APSD フラグを通知する。

【0107】この場合、図 15 に示すように中継器 2 から上流にある局 (A) 1 に対しては、OSC 信号の送信は行わない。

【0108】したがって、中継器 2 の OSC 信号処理を簡潔にすることができる。しかし、近年の光信号のまま処理するいわゆるフォトニックネットワークのニーズの高まりに対して、光信号で ADD/DROP を行う場合を考慮した時に図 11 の構成はシステム構成の柔軟性にかけるものである。

【0109】一方、縦割り方法を適用する図 16 の通信システム構成では、上流からの OSC 信号をいずれの中継器 2 においても終端が可能である。したがって、下流の光多重伝送装置を介することなく、自装置内で終端折返しをして上流の装置に自中継器情報の付加された OSC 信号を送信することができる。

【0110】図17は、図15の障害時の動作を説明する図である。中継器2の受信OSC部aでOSC信号のエラーを監視する(ステップ)。ついで、エラー発生時にAPSDフラグを立て、送信側OSC部dから下流にOSC信号によりAPSDフラグを通知する(ステップ)。

【0111】同時に、中継器2の対向側回線の送信OSC部bから上位側の中継器1に、OSC信号により同じAPSDフラグを通知する(ステップ)。したがって、中継器1において、APSDフラグに基づきポスト

アンプ104-2の出力制御が可能である。

【0112】かかる縦割り方法を適用する通信システムでは、他地点での障害発生時などによりOSC回線の断によるシステムの停止を最小限に抑えることが可能である。さらに、障害発生個所の特定、障害状況の把握、復旧を容易とすることが出来る。

〔伝送波長Cバンド、Lバンド分離OSC通信方法〕図18に本発明の別の適用例として、Cバンド、Lバンド分離の光増幅器のブロック構成を示す。

【0113】現在の光増幅器即ち、EDFAは、は、Cバンド帯域(1530nm~1550 nm帯の波長)、Lバンド(1570 nm~1610帯の波長)に利得をそれぞれ有している。通信トラフィックが爆発的な増大を続ける現在、Cバンド、Lバンドとも各80波を超える波長多重が必要となり、更に1波あたりの伝送速度も10 Gbpsを超え、更に複雑かつ柔軟なシステム構成が望まれる。

【0114】OSC信号は光多重通信装置の各波長数、送受信状態などの各装置間情報を通信しているため、これらのニーズに対応するためには、OSC信号そのものの情報量を増やす必要がある。

【0115】しかし、現在の光多重伝送に望まれる、光アンプを介さずに長距離伝送を行うシステムにおいてOSC回線の通信を行うには、広いダイナミックレンジが要求される。そして、かかる広いダイナミックレンジを有し、且つ光送受信モジュールに要求される伝送速度の速い通信を行うことは困難である。

【0116】そこで、本発明の一特徴として、多波長OSC信号を用いて、高密度、且つ高速の光多重伝送におけるOSC回線の実現を図るものである。図18は、かかる特徴を有する光多重伝送装置として、図9に示す光多重伝送装置のA回線側システムIの部分を取り出して示したものである。

【0117】図9の同等部分との差異は、OSC受信モジュール1-2がCバンドOSC受信モジュール102-1、LバンドOSC受信モジュール102-2に置き換え、またOSC受信モジュール107がCバンドOSC送信モジュール107-1、LバンドOSC送信モジュール107-2に置き換えて2系統により構成されている。

【0118】さらに、OSC終端部106は、C、Lバ

ンド2系統の処理が可能な回路構成とする。さらに、OSC分離カプラ101の後側及び、合波カプラ109の前側に、それぞれC、Lバンドの光を分離し、合波をおこなうCL分離カプラ112及び、CL合波カプラ117が付加されている。

【0119】ここで、光増幅ユニット104は波長帯域分割カプラ1104-1とCバンド用EDFA1104-2とLバンド用EDFA1104-3と波長多重カプラ1104-4で構成されている。

【0120】Cバンド用EDFA1104-2とLバンド用EDFA1104-3は各バンドのOSC情報にも基付き利得調整制御が行なわれる。

【0121】各バンド用のOSC信号と伝送を行なう光信号の関係は図19の(a)乃至(e)に示すように光増幅ユニットの利得が発生しない位置に設ける。

【0122】図20に図14乃至図17の端局の具体的な構成例ブロック図を示す。図9と同一部材は同一番号で示す。追加された機能部としてレーザ91-1乃至91-nは、光変調器92-1乃至92-n、波長多重カプラ93、受信モジュール82-1乃至82-n、及び分波器83を有している。

【0123】送信側では波長の異なるレーザ91-1乃至91-nからの出力を光変調器92-1乃至92-nで変調し、変調された光は波長多重カプラ93で波長多重された後、光増幅ユニット104に入力される。

【0124】受信側では、光増幅ユニット204からの出力は分波器83で波長分離された後受信モジュール82-1乃至82-nで電気信号に復調される。

【0125】先に示した図9や図20の光増幅ユニット104、204の構成は単一の波長帯域の光増幅ユニットに限定されるものではなく、図18の光増幅ユニット104のように複数の波長帯域に分割して、それぞれの帯域に対応した光増幅器を用いて増幅を行なう光増幅ユニットで有っても良い。

【0126】(付記1) ラマン増幅を用いた光増幅器において、ラマン光を発生するラマン励起光源と、光伝送信号とともに送られる監視(OSC)信号の誤りを検出する検出回路を有し、前記検出回路により、前記監視

(OSC)信号のビット誤りの発生が検出される時、前記ビット誤りの状態に応じて前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制御することを特徴とする光増幅器。

【0127】(付記2) 付記1において、前記検出回路により検出される監視(OSC)信号のビット誤りが所定状態となった場合、下流の光多重伝送装置に対し、監視(OSC)信号に監視(OSC)回線の状態を通知するフラグを重ねし、伝送路障害の通知を行う回路を有することを特徴とする光増幅器。

【0128】(付記3) 付記1において、上流、及び対向回線上流側からの、監視(OSC)信号内の監視(OSC)回線の状態を通知するフラグを監視して、光出力

制御を行う回路を有することを特徴とする光増幅器。

【0129】(付記4) 付記3において、前記光出力制御を行う回路は、光出力を人体に危険のないレベルに出力調整することを特徴とする光増幅器。

【0130】(付記5) 付記3において、前記光出力制御を行う回路は、光出力を完全に断となるように出力調整することを特徴とする光増幅器。

【0131】(付記6) 付記3において、前記光出力制御を行う回路は、前記監視(OSC)信号の信号エラーを監視して、前記信号エラーが一定の条件になった時に、前記ラマン励起光源に対する光出力制御を解除することを特徴とする光増幅器。

【0132】(付記7) 付記3において、前記光出力制御を行う回路は、前記監視(OSC)信号の前記フラグの状態により、前記光アンプの出力制御を解除することを特徴とする光増幅器。

【0133】(付記8) 付記6において、前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制限する出力制御を行う回路は、前記ラマン励起光源のラマン光出力制御解除時に、前記監視(OSC)信号の帯域に対応するラマン利得の発生するラマン光を前記伝送路ファイバに出力し、監視(OSC)回線の回復を待ち、その後前記監視(OSC)信号が正常動作した後に、前記監視(OSC)回線で通知される波長情報を基にシステムに必要なラマン利得が得られる波長のラマン光を出力すると共に、前記光アンプの出力制御を解除することを特徴とする光増幅器。

【0134】(付記9) 付記8において、自装置で前記OSC信号を終端後、対向側OSC信号を利用して前記監視(OSC)回線の状態を通知するフラグを上流に対して折り返し送信することを特徴とする光増幅器。

【0135】(付記10) 付記9において、前記監視(OSC)信号は、Cバンド帯及びLバンド帯の独立した伝送波長の回線を有する光増幅器。

【0136】(付記11) 複数の光増幅器を多段に従属した光多重伝送中継システムであって、前記複数の光増幅器の各々は、伝送路からの光を増幅する光アンプと、伝送路を励起する励起光源と、前記光増幅器の上流から送られる監視(OSC)信号の誤りを検出する回路と、前記検出回路により、前記監視(OSC)信号に一定のビット誤りの発生が検出される時、前記ラマン励起光源のラマン光出力パワーを制限する出力制御を行う回路と、前記監視(OSC)信号の状態を通知するフラグを前記光増幅器の下流に送信する回路を有することを特徴とする中継システム。

【0137】(付記12) 付記11において、上りと下りの2回線を有し、前記複数の光増幅器の各々は、前記監視(OSC)信号を自装置で終端し、監視(OSC)回線の状態を通知するフラグを上流に対向回線を用いて折り返して送信する回路を有することを特徴とする中継

システム。

【0138】

【発明の効果】上記に図面に従い発明の実施の形態を説明したように、本発明に従いOSC回線の符号誤り検出をラマン励起光源、及び光増幅器の出力制御に用いた場合、以下の効果がある。

(1) 光増幅ユニット等の主信号系でコネクタ抜けなどの伝送路障害が発生した場合、制御信号であるOSCの回線が断となることがなく、システム全体の状態の運用状態が遠隔操作により容易に認識できる。

(2) OSC モジュールは光アンプに比較して、部品点数、構造の面から信頼性が高いため、光アンプの障害等によって主信号が断した場合にも、システム全体の状態の運用状態が遠隔操作により容易に認識できる。

(3) 伝送路障害が復帰した場合に、システムの自動立上げを行うことができる。

(4) APSD機能、および反射検出機能の両方を持つことにより、対向回線側の伝送路障害時にも自回線の運用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】光多重伝送装置システムの一般的構成例を示す図である。

【図2】ラマン増幅を用いた光伝送システムの例を示す図である。

【図3】APSDフラグを説明する図である。

【図4】主信号断を検出して上流側の光出力制御を行う場合の問題点を説明する図である。

【図5】光増幅器(EDFA)の利得帯域に対応して波長帯域に分割されているS+、S、C、L、L+バンドを示す図である。

【図6】ラマン増幅における波長と利得の関係を模式的に表鈴である。

【図7】光/電気変換モジュールの受光レベルに対する制御の状態を示す図である。

【図8】OSC信号断によるラマン励起光源のシャットダウンを説明する図である。

【図9】本発明を適用する光多重伝送装置のブロック構成例を示す図である。

【図10】伝送路光ファイバが障害の時のAPSD制御を説明する簡略図である。

【図11】伝送路ファイバ30のコネクタ抜け、及びファイバ破断が復帰した場合の制御動作を示す図(その1)である。

【図12】伝送路ファイバ30のコネクタ抜け、及びファイバ破断が復帰した場合の制御動作を示す図(その2)である。

【図13】コネクタ外れ検出(LD SAFETY)の方法の例を示す図である。

【図14】本発明の適用例として、OSC横割多中継システム構成を示す図である。

17

18

【図 15】図 11 の障害時の動作を説明する図である。

【図 16】本発明の適用例として、OSC 横割多中継システム構成を示す図である。

【図 17】図 13 の障害時の動作を説明する図である。

【図 18】本発明の別の適用例として、C バンド、L バンド分離の光多重通信装置のブロック構成を示す図である。

【図 19】各バンド用の OSC 信号と伝送を行なう光信号の関係を示す図である。

【図 20】図 14 乃至図 17 の端局の具体的な構成例ブロック図を示す図である。

【符号の説明】

30, 31, 30-1, 31-1 伝送路ファイバー

101, 201 OSC 分離カプラ

103, 203 ラマン光合波カプラ

109, 209 OSC 合波カプラ

104, 204 光アンプ

104-1, 204-1 プリアンプ

104-2, 204-1 ポストアンプ

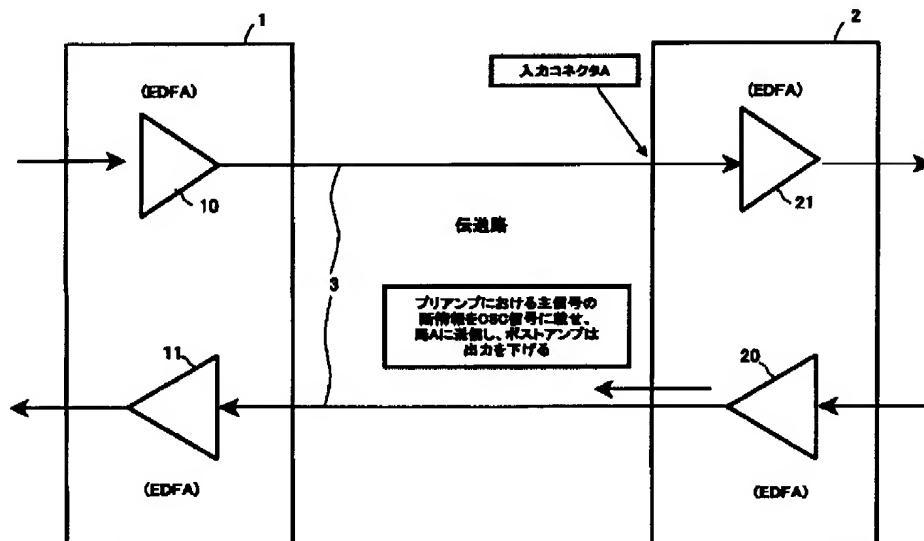
105, 205 ラマンアンプ (ラマン励起光源)

102, 202 受信 OSC モジュール

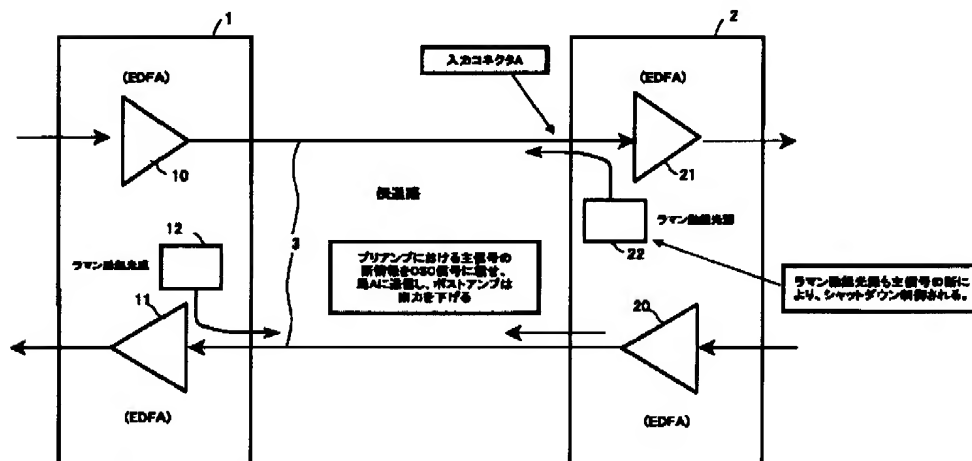
107, 207 送信 OSC モジュール

108, 208 APSD 制御部

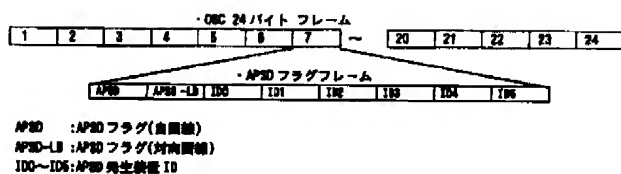
【図 1】



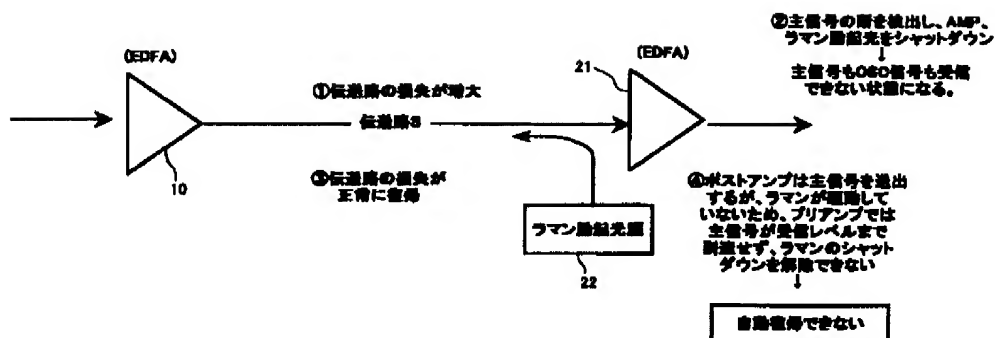
【図 2】



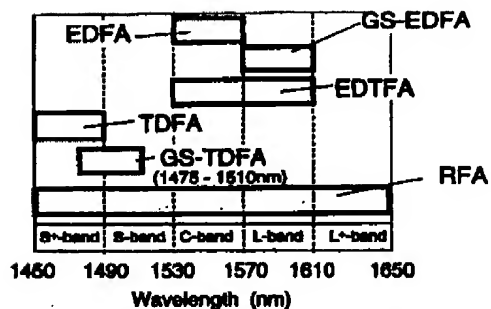
【図 3】



【図 4】

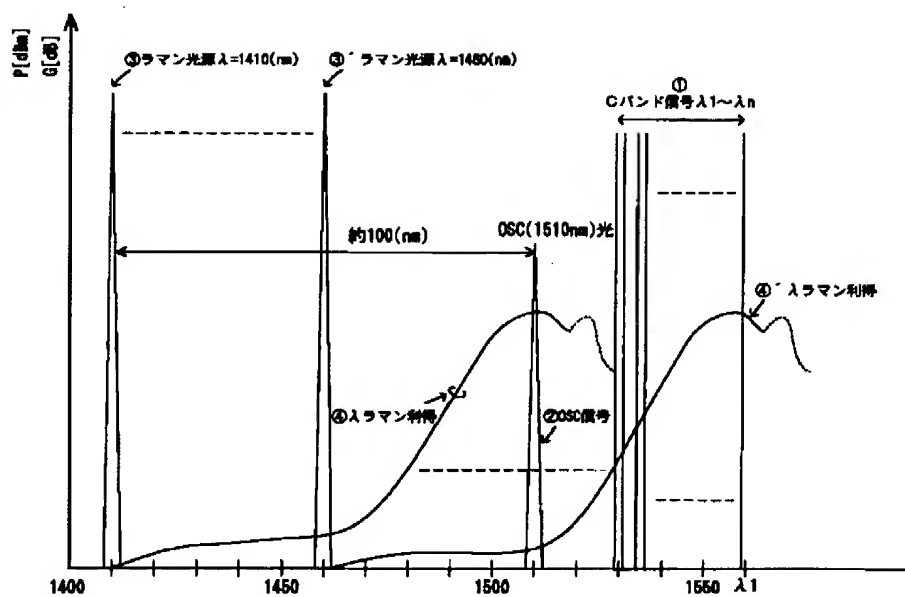


【図 5】

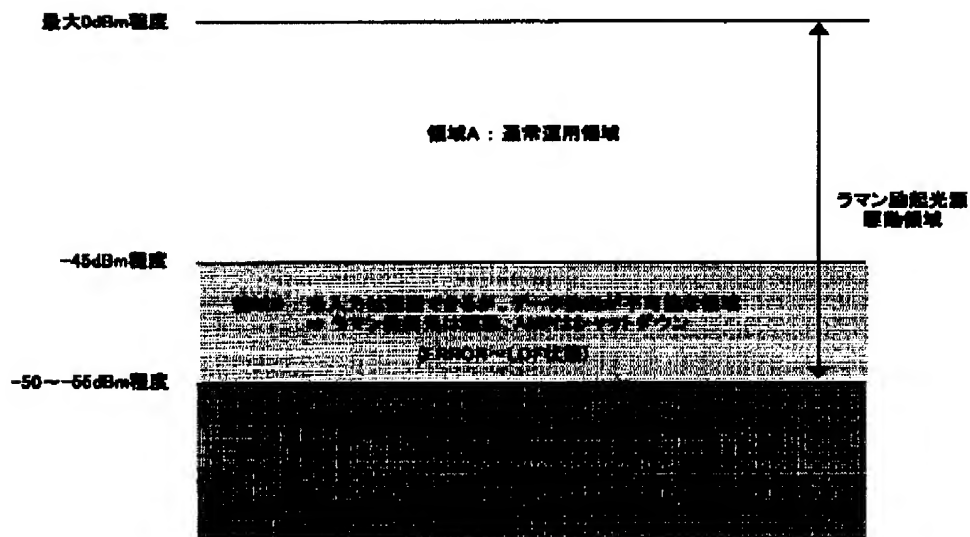


EDFA : Erbium-Doped Fiber Amplifier (1530 - 1570 nm)
 GS-EDFA : Gain-Shifted EDFA (1570-1610 nm)
 EDTFA : Tellurite-Based EDFA (1530 - 1610 nm)
 TDFA : Thulium-Doped Fluoride-Based Fiber Amplifier (1450 - 1490 nm)
 RFA : Raman Fiber Amplifier (1450 - 1650 nm or more)

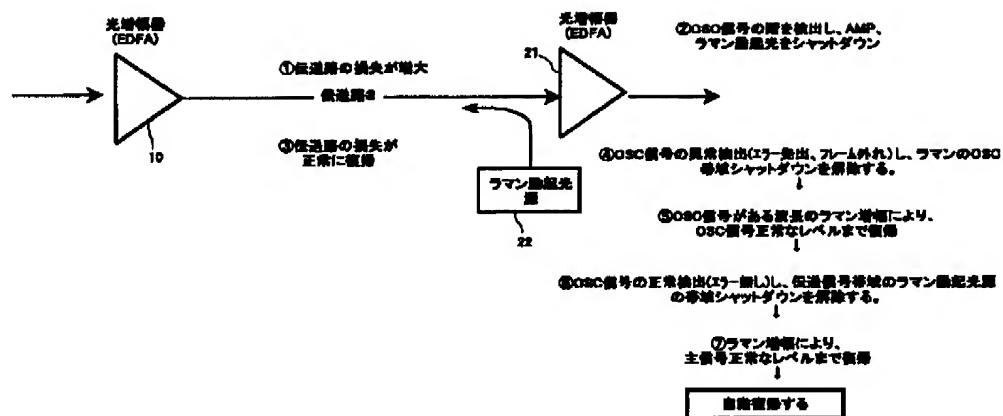
【図 6】



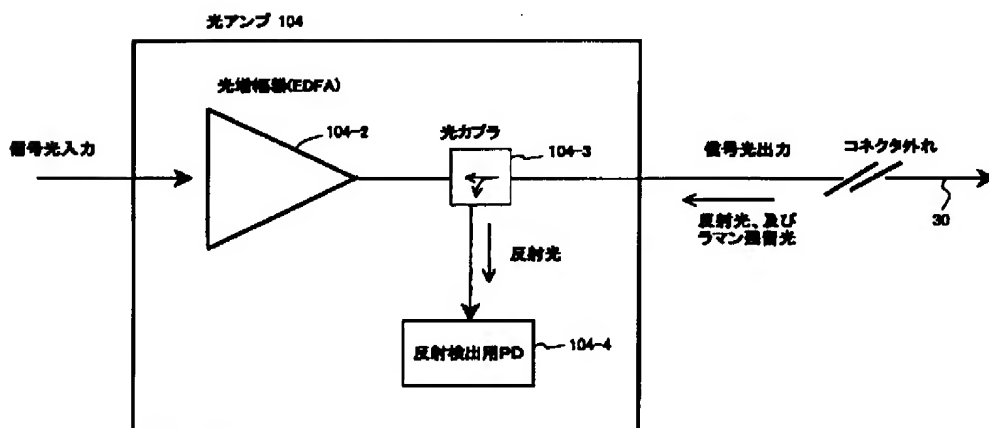
【図 7】



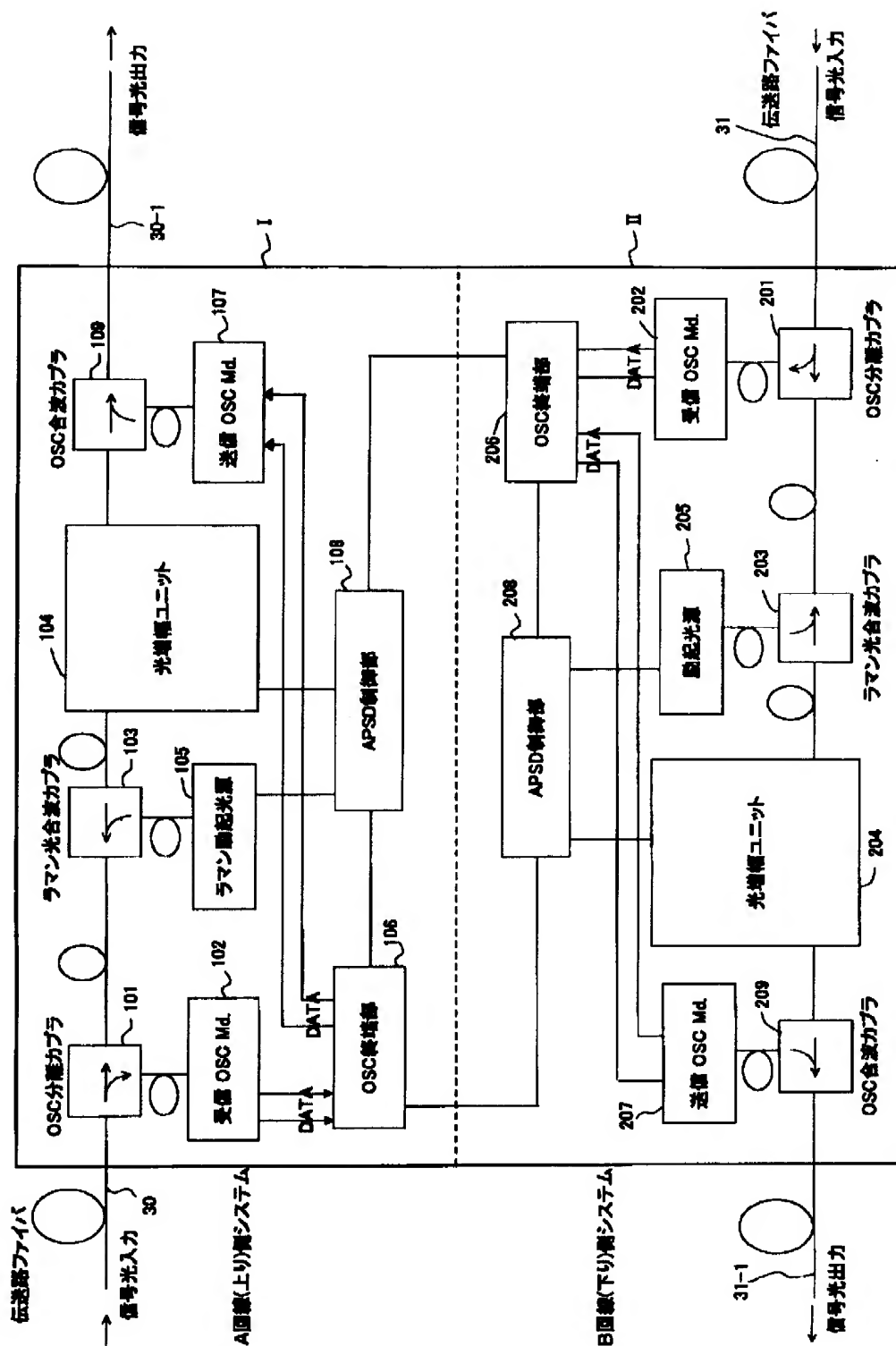
【図 8】



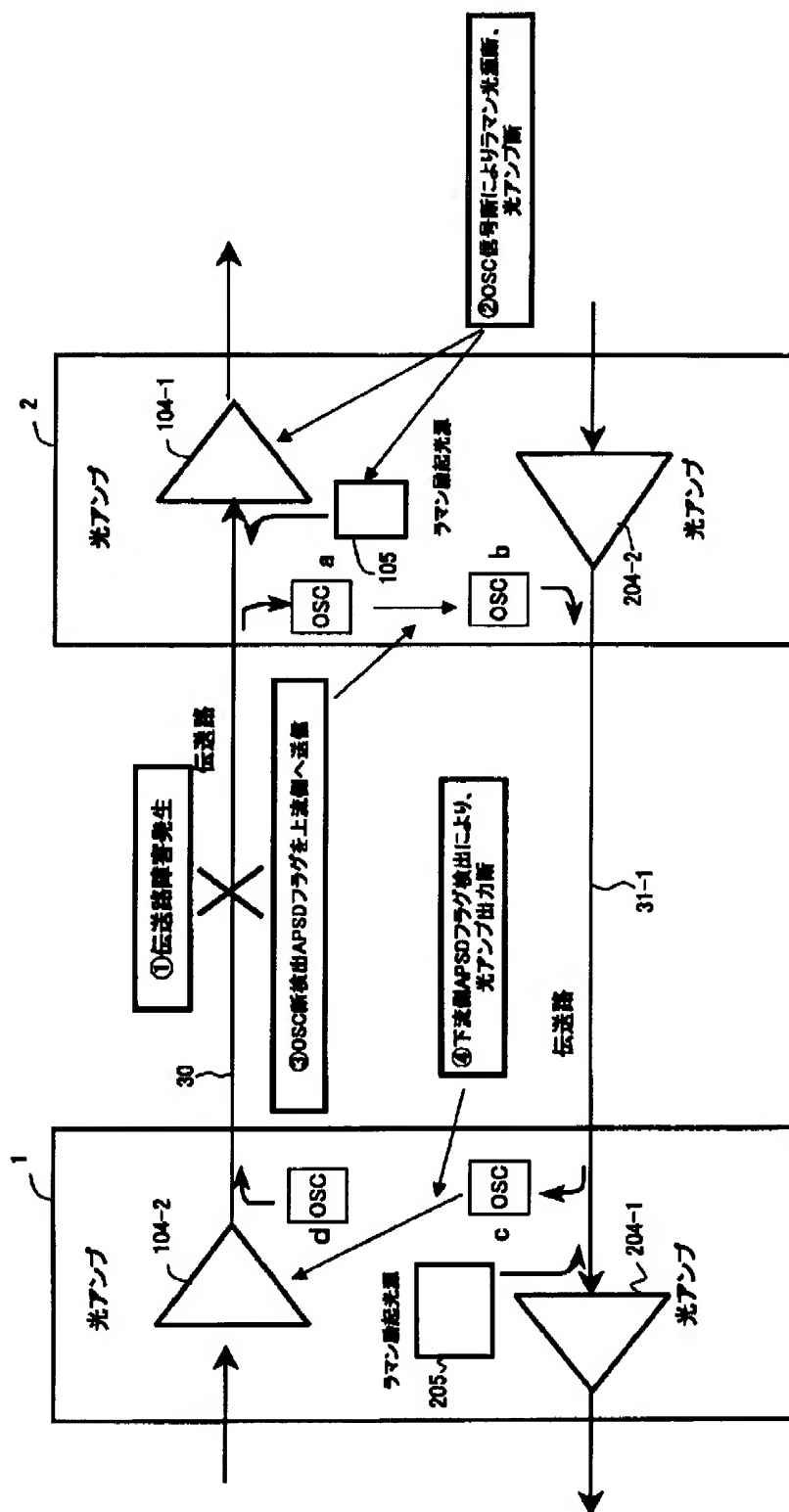
【図 13】



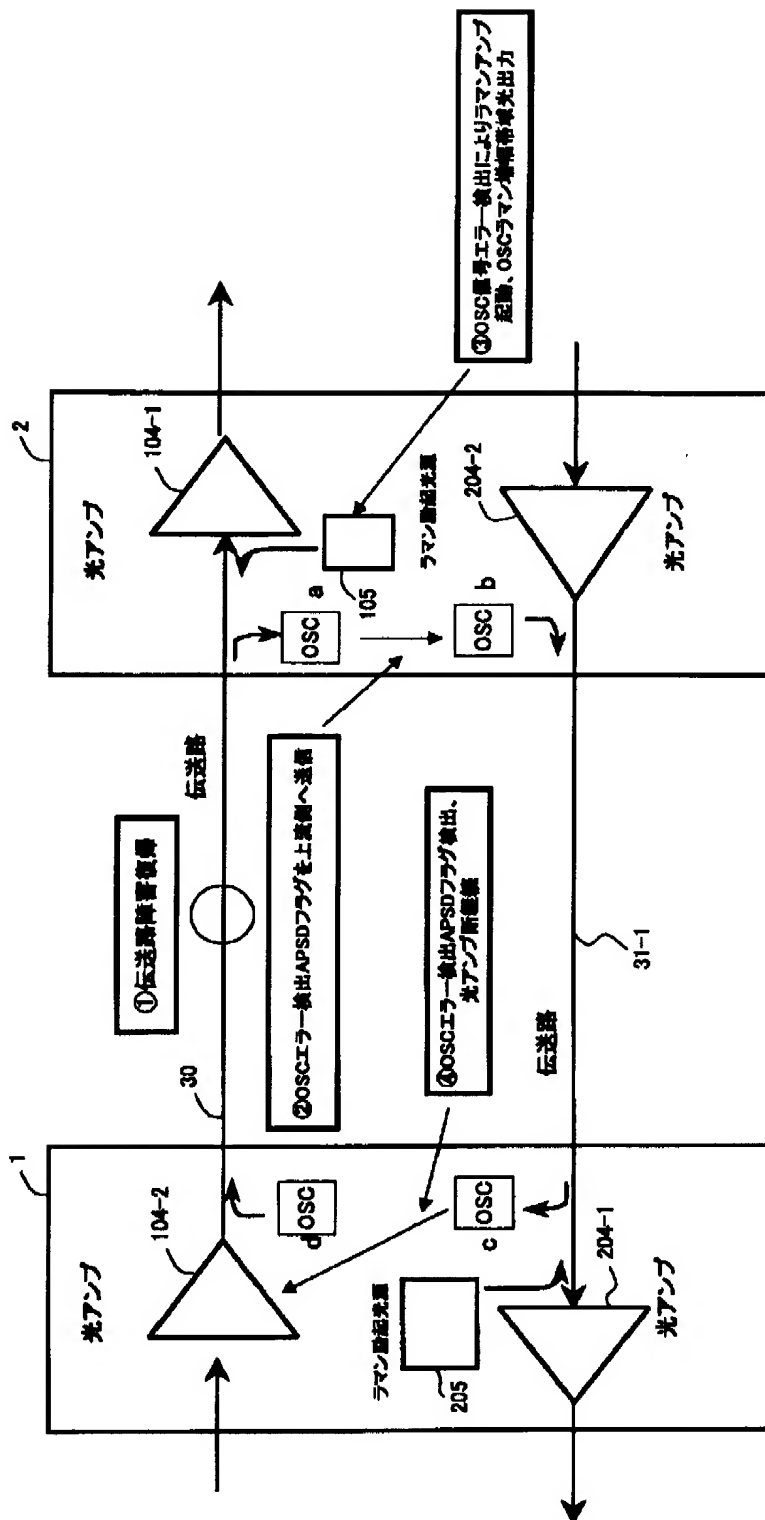
【図9】



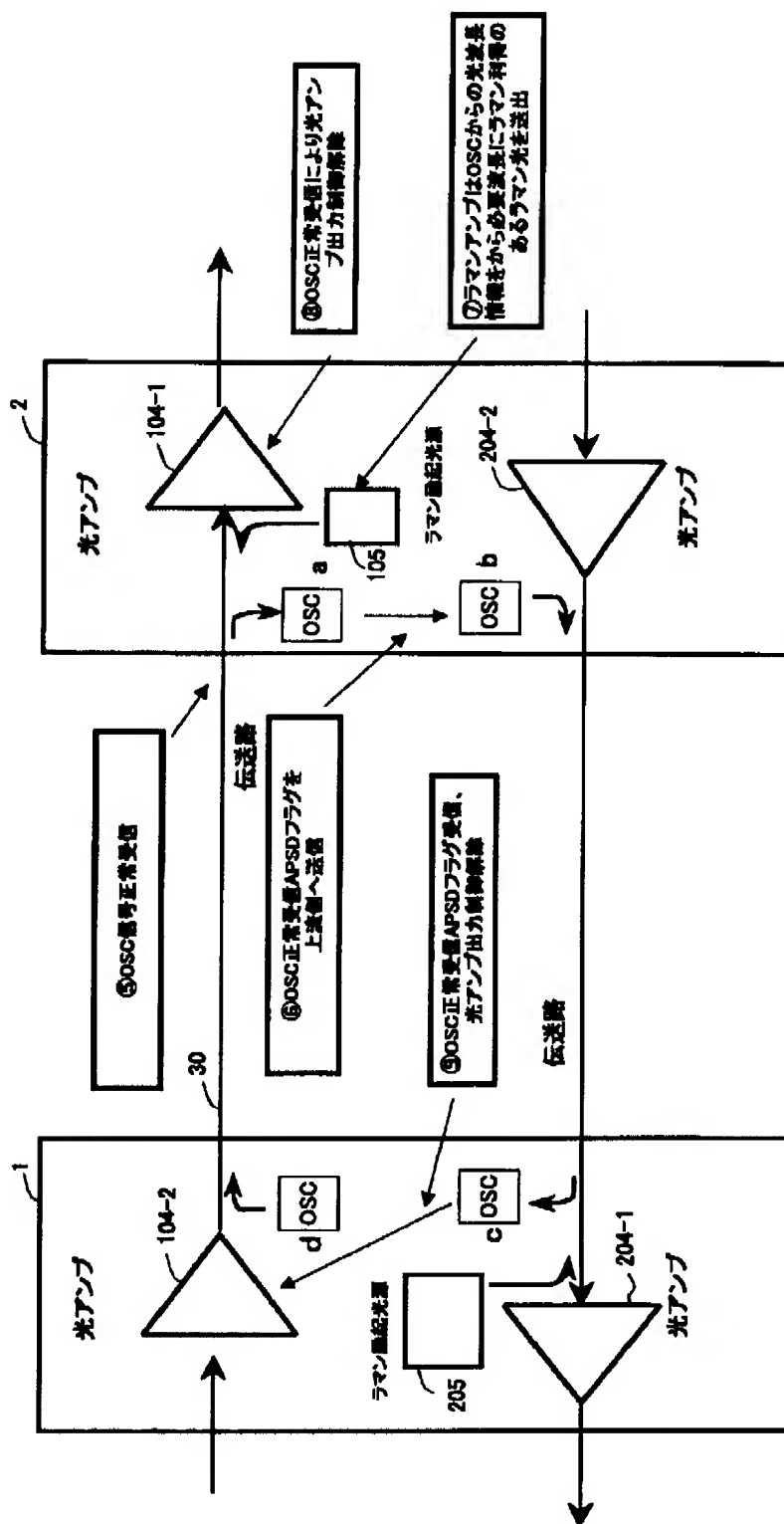
【図10】



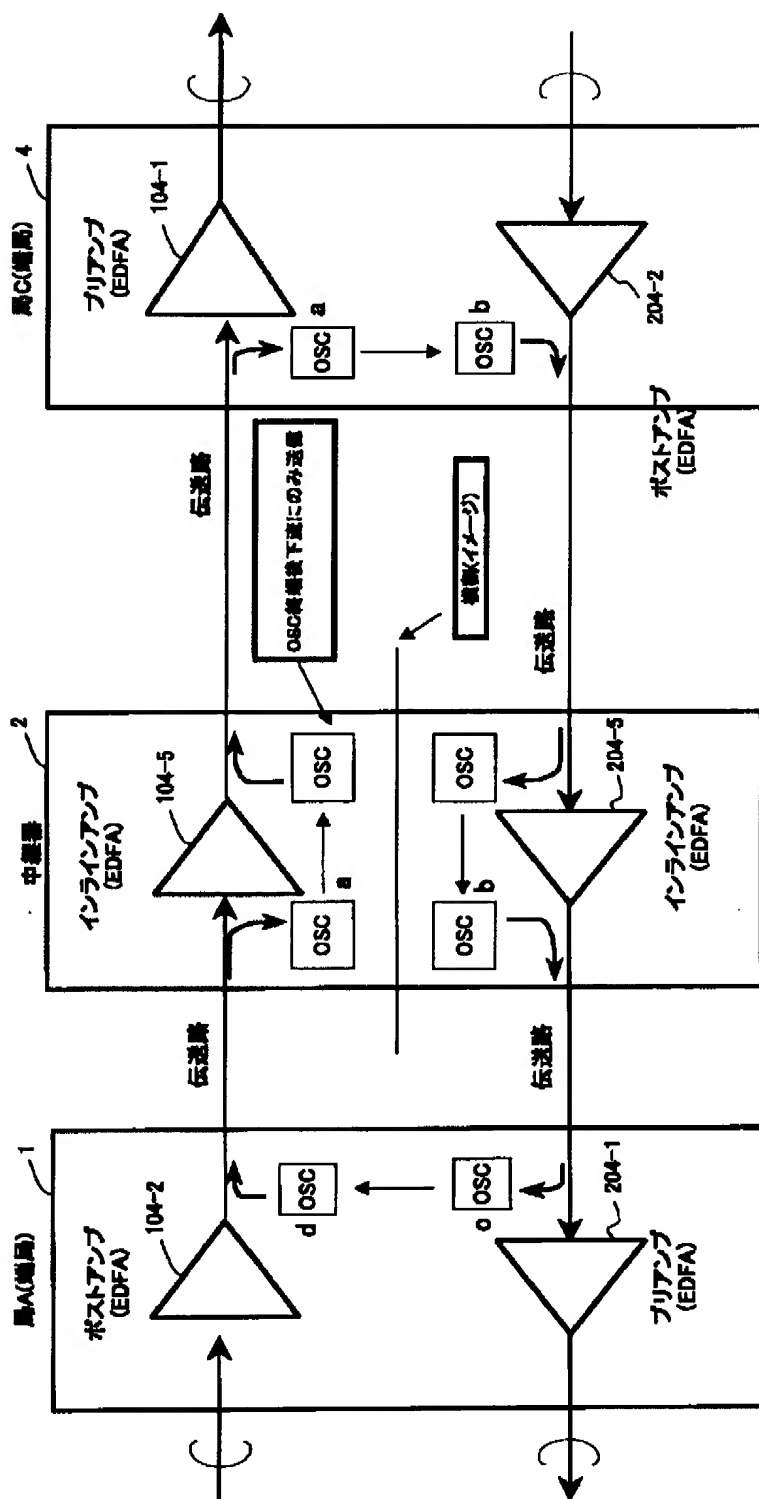
【図11】



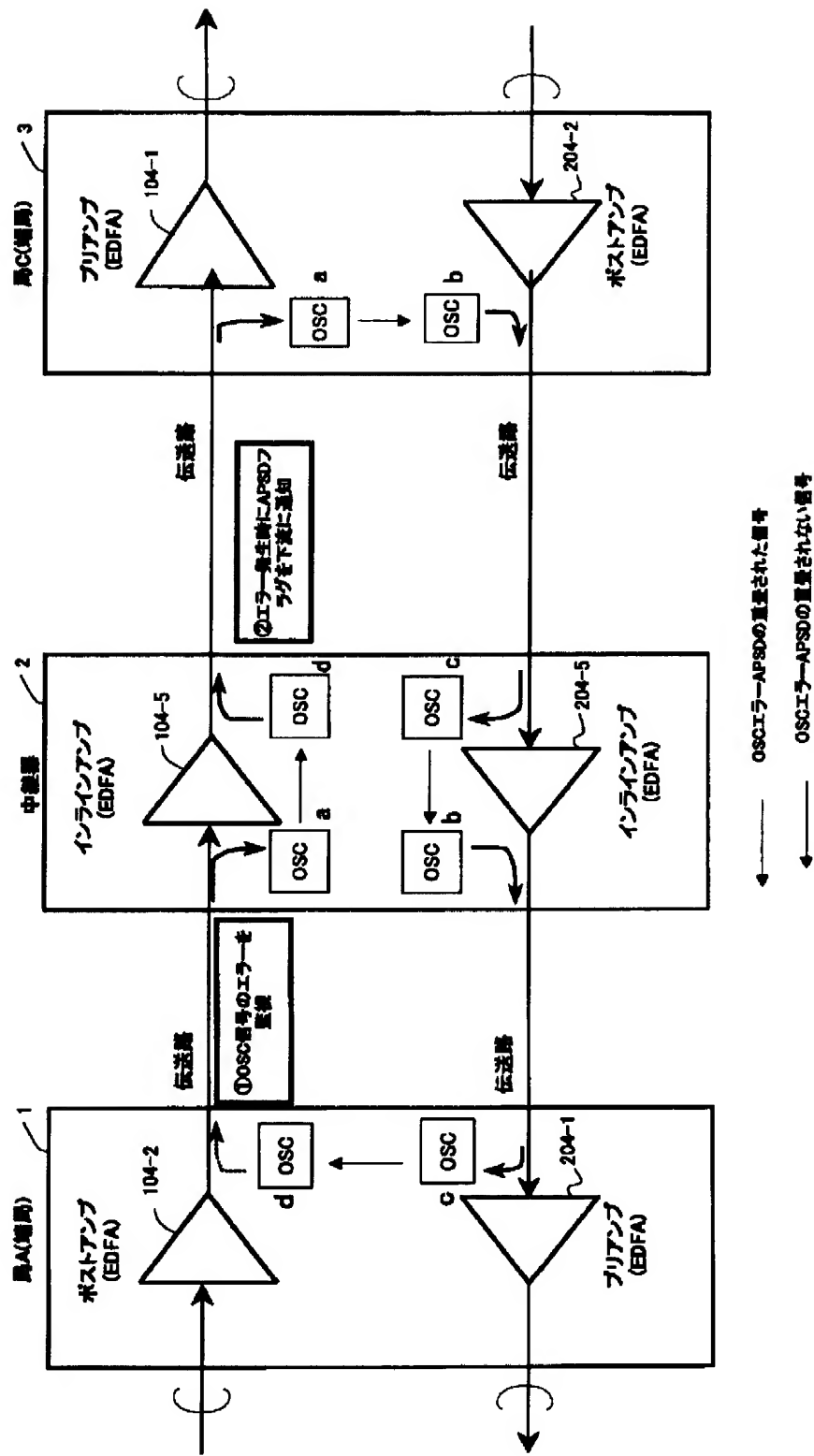
【図12】



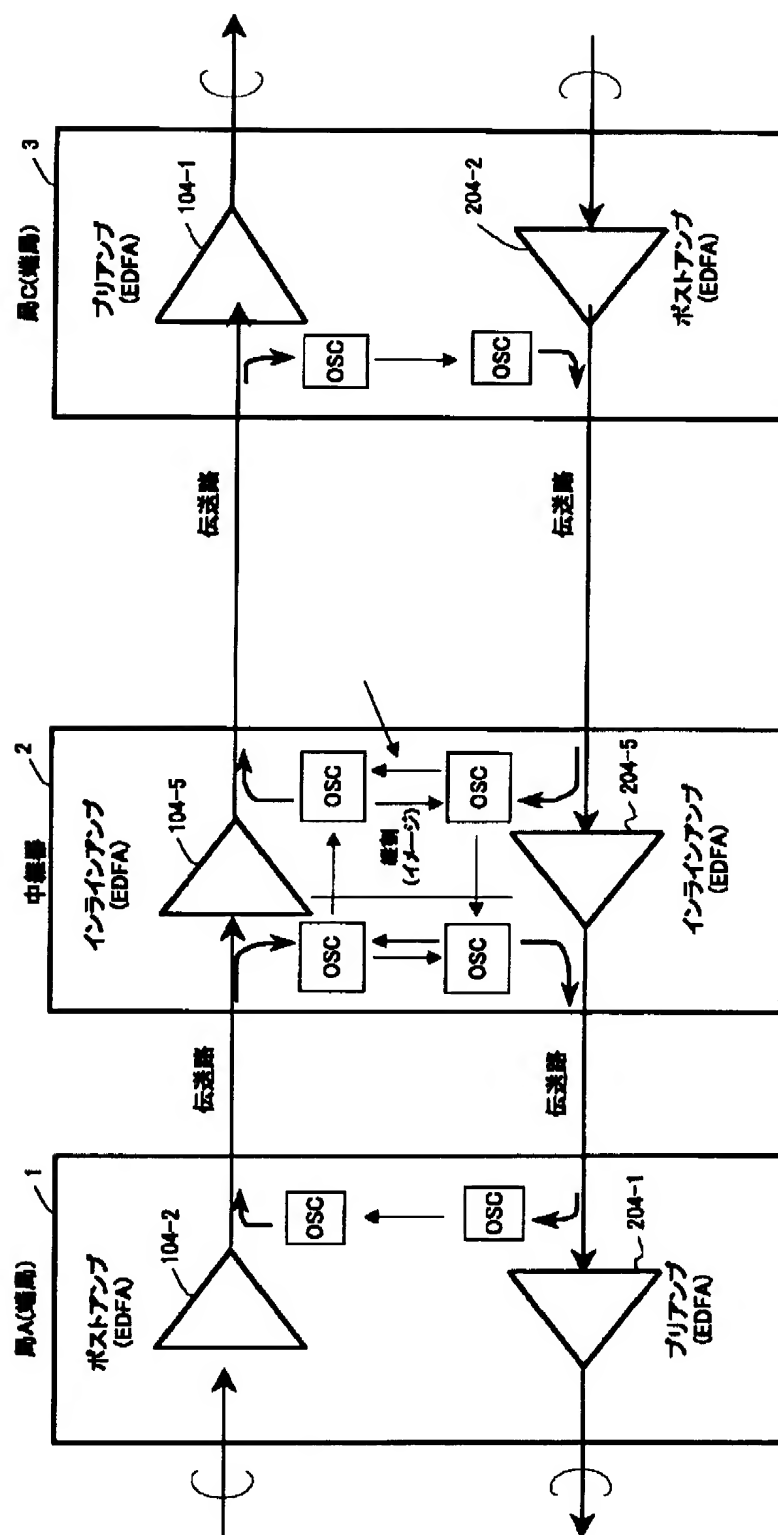
【図14】



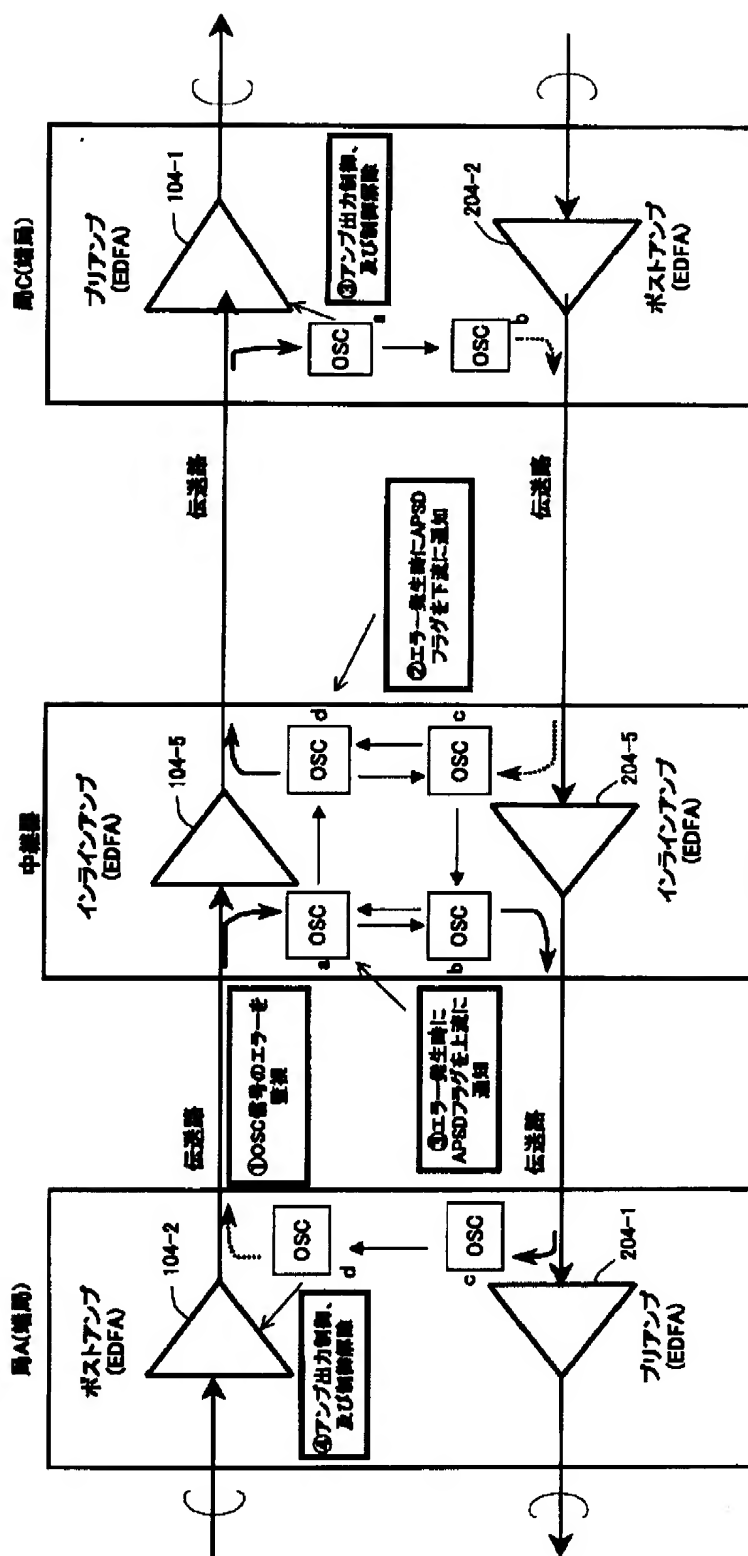
【図 15】



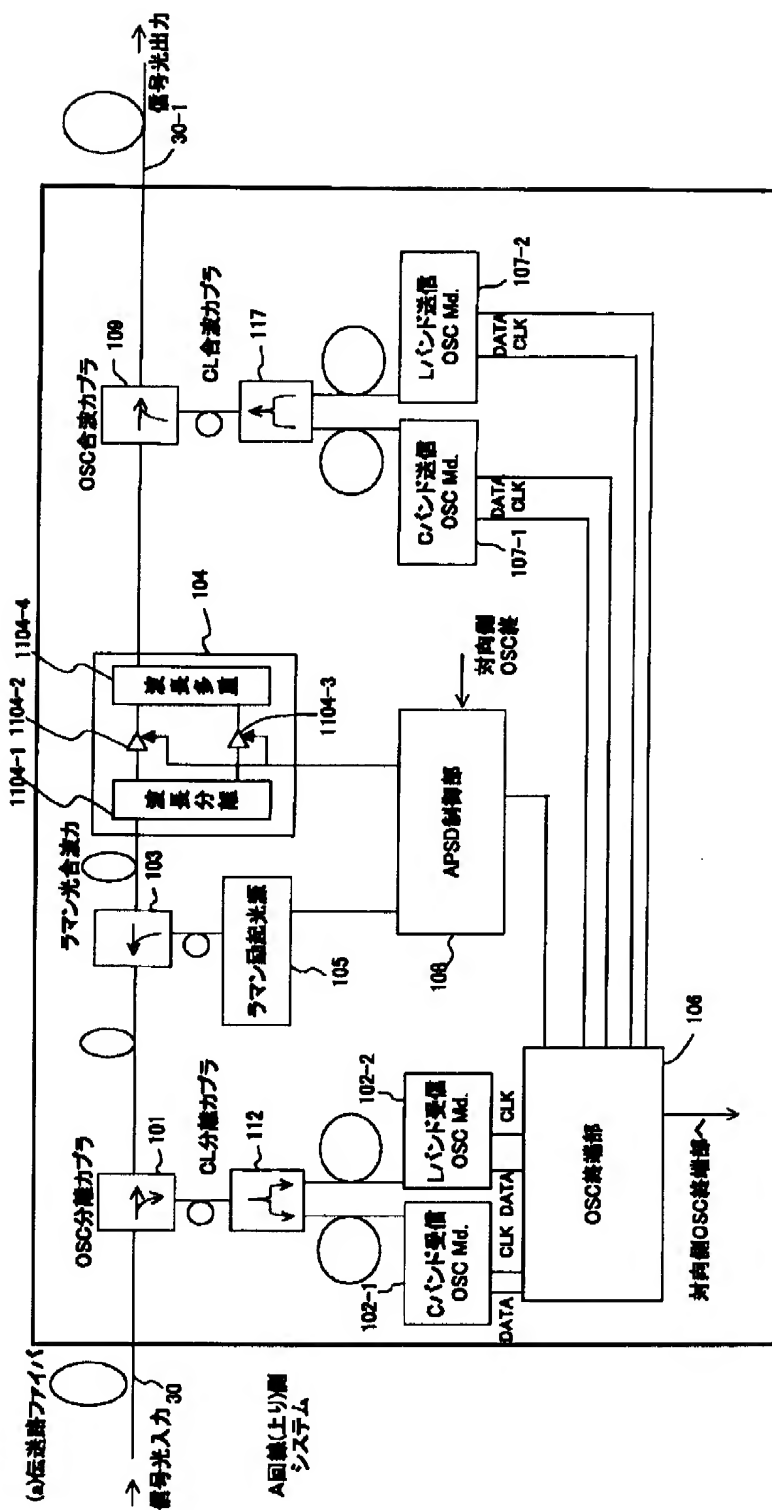
【図16】



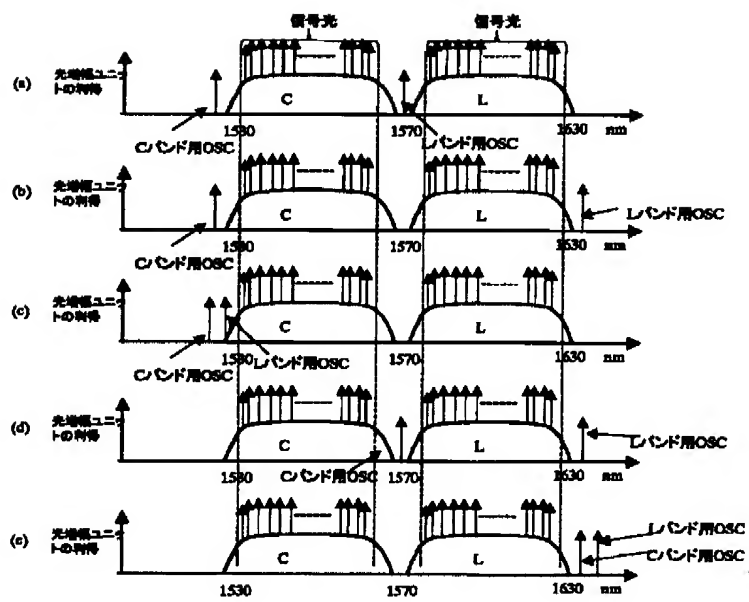
【図 17】

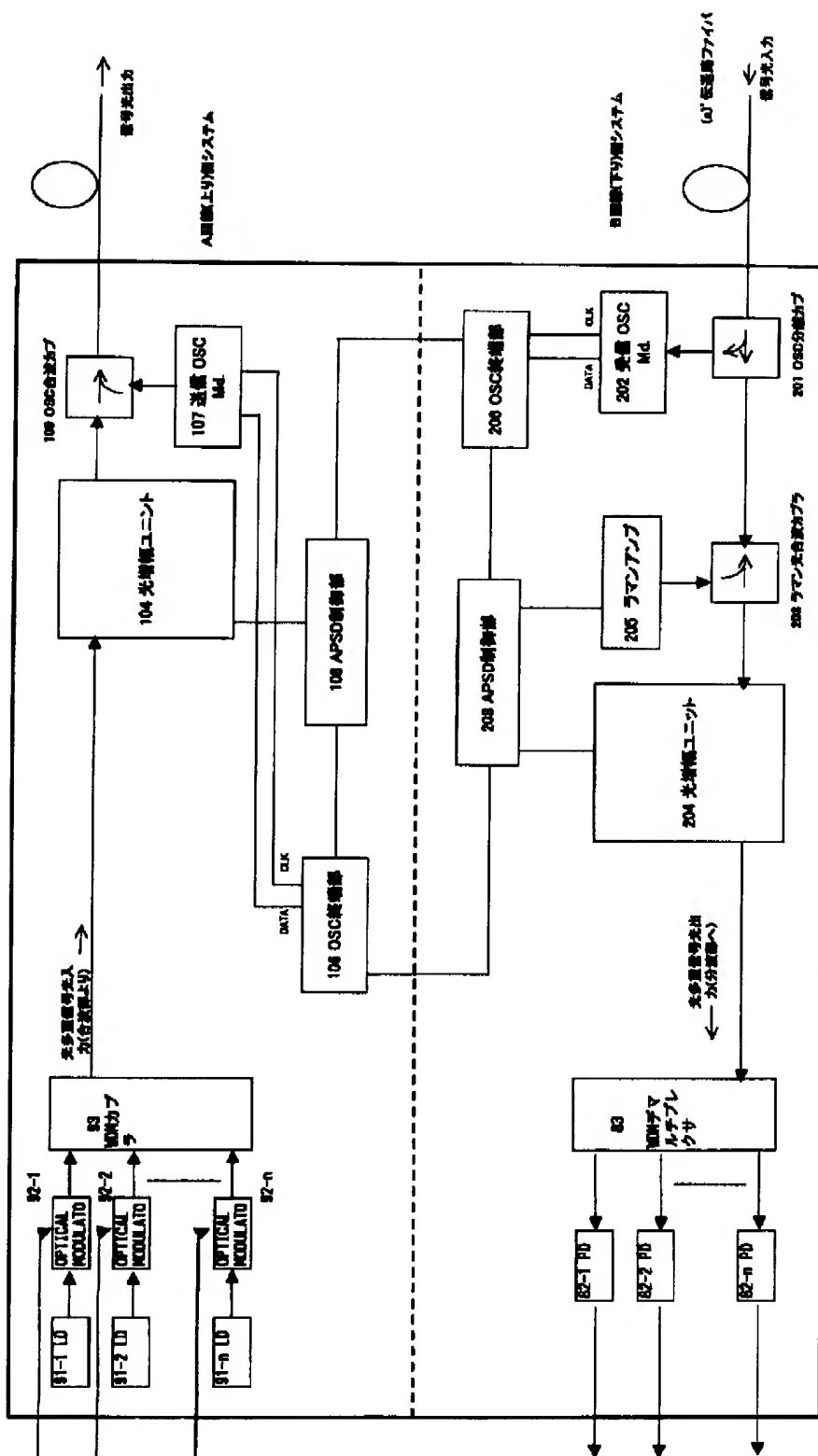


【図18】



【図19】





フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 4 B 10/08

(72) 発明者 高橋 司

北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1
富士通北海道デジタル・テクノロジー株
式会社内

(72) 発明者 大谷 俊博

北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1
富士通北海道デジタル・テクノロジー株
式会社内

(72) 発明者 泉 太

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(72) 発明者 森 昌太

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内F ターム (参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 CA15 DA10
HA24

5F072 AB09 AK06 HH06 JJ05 PP07

QQ07 YY17

5K002 AA06 CA09 CA13 EA06 FA01